

zu 111763

05. MRZ. 1996



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 44 30 189 A 1

⑤1 Int. Cl. 6:  
H 04 M 9/08  
H 04 M 1/60  
H 04 B 3/23

②1 Aktenzeichen: P 44 30 189.8  
②2 Anmeldetag: 25. 8. 94  
④3 Offenlegungstag: 29. 2. 96



DE 44 30 189 A 1

⑦1 Anmelder:  
Alcatel SEL AG, 70435 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Walker, Michael, 73666 Baltmannsweiler, DE; Matt,  
Hans Jürgen, Dr., 71686 Remseck, DE

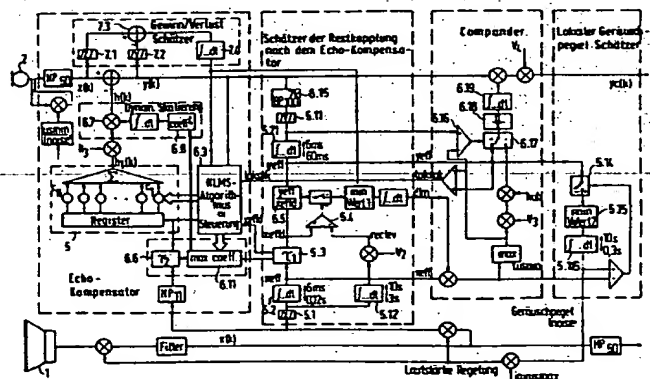
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

AT 3 91 784 B  
US 49 65 822  
EP 05 97 201 A1

HUHN, Tilman;  
JENTSCH, Hans-Joachim: Kombination von  
Geräuschreduktion und Echokompensation beim  
Freisprechen. In: Nachrichtentech., Elektron.,  
Berlin 43, 1993, 6, S.274-280;

⑤4 Verfahren zur adaptiven Echokompensation

⑤7 Ein solches Verfahren findet beispielsweise Anwendung in Freisprecheinrichtungen von Telekommunikationsendgeräten, um die durch die akustische Rückkopplung vom Lautsprecher (1) zum Mikrofon (2) auftretenden störenden Echos zu kompensieren. Es ist bekannt, mit digitalen Filtern diese Echos nachzubilden ( $h(k)$ ) und sie vom echobehafteten Mikrofonsignal ( $z(k)$ ) zu subtrahieren. Die Realisierung erfordert dafür üblicherweise einen Signalprozessor mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit, Gleitkommalogik und einen großen Speicherplatzbedarf. Die Aufgabe besteht darin, ein kostengünstiges Verfahren anzugeben, das bei unterschiedlichen akustischen Bedingungen einsetzbar ist. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß ein bekanntes FIR-Filter (5) eingesetzt wird, dessen Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) nach dem NMLS-Algorithmus bestimmt werden. Die Änderungsgeschwindigkeit der Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) bestimmende Schrittweite ( $\alpha$ ) wird abhängig gemacht von der aktuellen Lautsprecher-Mikrofonkopplung (dlm), von einem Qualitätsmaß (Q) der Anregung, vom Vorhandensein lokaler Sprachsignale (lokspk), vom Vorhandensein lokaler kurzzeitig schwankender Geräusche (lnoise) und vom Wirkungsgrad des Echokompensators. Eine spezielle Skalierung der Koeffizientenwerte in Zusammenhang mit der adaptiven Schrittweitensteuerung erlaubt vorteilhaftweise den Einsatz kurzer FIR-Filter und kostengünstiger Festkommarechner.



DE 44 30 189 A 1

Best Available Copy

Fig. 8 zeigt ein Blockschaltbild, durch das das Freisprechverfahren zusammenfassend beschrieben wird. Entsprechend ihrer Funktion sind die einzelnen Blöcke bezeichnet mit Echokompensator, Schätzer der Restkopplung nach dem Echokompensator wie bereits getrennt in Fig. 5 dargestellt und zuvor beschrieben, Kompan- 5  
pander, lokaler Geräuschpegelschätzer sowie mit Filter zur Ebnung des Lautsprecherfrequenzganges. Der Echokompensator besteht im wesentlichen aus dem FIR-Filter 5, mit dem das Echosignal  $h(k)$  aus dem Empfangssignal  $x(k)$  nachgebildet und von dem Mikrofonsignal  $z(k)$  in einer Subtrahierschaltung 6.2 subtrahiert wird. Die Filterkoeffizienten  $c_1 \dots c_N$  des FIR-Filters 5 werden im Adaptionsblock 6.3 berechnet. Durch die veränderbare Schrittweite  $\alpha$  wird erreicht, daß die Einstellung der Filterkoeffizienten  $c_1 \dots c_N$  schnell und weitgehend fehlerfrei erfolgt. Die Steuerung der Schrittweite  $\alpha$  erfolgt wie oben beschrieben.

Dem FIR-Filter 5 ist eine variable Verzögerungsleitung 6.6 vorgeschaltet, die die Zeit, die der Schall vom Lautsprecher 1 zum Mikrofon 2 benötigt, überbrückt, um die Filterlänge  $N$  des FIR-Filters 5 auf die eigentlichen 10  
Echos zu begrenzen.

Zur Optimierung der Rechengenauigkeit der Filterkoeffizienten  $c_1 \dots c_N$  wird das Ausgangssignal  $h_1(k)$  des FIR-Filters 5 zunächst mit einem konstanten Faktor  $v_1$  verstärkt und anschließend in einem 32 Bit breiten Akkumulator 6.7 mit der zeitlich integrierten  $n$ -ten Potenz des größten vorkommenden Filterkoeffizienten multipliziert. Die Filterkoeffizienten werden bei dem verwendeten preisgünstigen Festkommarechner lediglich 15  
mit einer Auflösung von 16 Bit gespeichert. Durch die Multiplikation mit der zeitlich integrierten  $n$ -ten Potenz des größten Koeffizientenwerts, beispielsweise mit  $n = 4$ , wird erreicht, daß die Koeffizienten des FIR-Filters in Echtzeit dynamisch optimal skaliert werden, so daß erstmals mit einem Festkommarechner vorteilhafterweise im wesentlichen der gleiche Gewinn wie mit einem sehr viel teureren Gleitkommarechner erreicht wird. Damit 20  
ist der Einsatz des Echokompensators sowohl bei Fernsprechapparaten mit einer Rückhördämpfung zwischen Lautsprecher und Mikrofon von beispielsweise  $-28\text{dB}$  als auch in Studios mit einer Rückhördämpfung von beispielsweise  $8\text{dB}$  möglich.

Aus der Lage des größten Koeffizienten im Register kann die einzustellende Verzögerungszeit  $\tau_2$  der Verzögerungsschaltung 6.6 ermittelt werden. 25

Im Block Kompan der Fig. 8 wird die Kompanerkennlinie eingestellt. Durch den Kompan werden die vom Mikrofon 2 gelieferten Signale soweit sie über einem Sollwert liegen, auf einen einheitlichen Signalpegel komprimiert, soweit sie den Sollwert aufweisen bleiben sie unverändert und soweit sie unter dem Sollwert liegen, werden sie weiter im Pegel abgesenkt. Für die Auswertung des Mikrofonpegels wird das kompensierte Mikrofonsignal  $y(k)$  mit einem Bandpaß 6.15 von nieder- und hochfrequenten Störschallen, wie Trittschall und Rumpelgeräusche, befreit und damit der für das menschliche Ohr empfindliche Frequenzbereich herausgefiltert. Nach Betragsbildung 5.11 wird aus dem kompensierten Mikrofonsignal  $y(k)$  der Effektivwert  $y_{\text{eff}}$  mit dem Integrator 5.21 gebildet. Die Zeitkonstanten sind an das Verhalten des menschlichen Ohres angepaßt. 30

Der Verstärkungswert muß im Bereich der Kompression proportional mit zunehmendem und im Bereich der Expansion überproportional mit abnehmendem Eingangspegel abgesenkt werden. Der Übergang der Bereiche wird in einem Komparator 6.16 durch Vergleich eines Schwellensignals  $u_s$  mit dem Betrag des kompensierten Mikrofonsignals  $|y(k)|$  gesteuert. Dabei ist das Schwellensignal  $u_s$  das Maximum des geschätzten Geräuschpegels  $\ln_{\text{noise}}$  oder der mit dem Kopplungsfaktor  $d_{\text{lm}}$  bewertete Kurzzeitpegel des Lautsprechersignals  $x_{\text{eff}}$ . 35

Zur Berechnung des Verstärkungsfaktors wird zwischen den Bereichen Kompression und Expansion mittels eines Schalters 6.17 umgeschaltet. Überschreitet der Betrag des kompensierten Mikrofonsignals  $|y(k)|$  den Schwellenwert  $u_s$ , was im Komparator 6.16 festgestellt wird, muß die Division im Schaltungsblock 6.18 mit dem Effektivwert des Lautsprechersignals  $x_{\text{eff}}$  durchgeführt werden. Bei kleinen Eingangssignalen, die gerade den Schwellenwert  $u_s$  überschreiten, erreicht der Betrag des kompensierten Mikrofonsignals  $|y(k)|$  innerhalb einer Periode nur kurz die Schwelle, wogegen bei großen Signalen  $|y(k)|$  nur noch die Nulldurchgänge unterhalb der Schwelle liegen. Durch die nachfolgende Integration im Integrator 6.19 wird das Divisionsergebnis gemittelt. 40  
Dadurch ergibt sich ein sanfter Übergang zwischen den Bereichen Kompression und Expansion und damit eine gewünschte Restdynamik von etwa  $10\text{dB}$ . 45

Da der Zahlenbereich des Festkommaprozessors auf kleiner als eins begrenzt ist, darf das Ergebnis der Division in keinem Fall größer als eins sein. Es wird ein Normierungsgröße  $a$  verwendet, die diese Bedingung für den größten vorkommenden Verstärkungswert erfüllt. Für  $a$  wird  $1/1024$  gewählt. 50

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur adaptiven Echokompensation in einem Übertragungssystem, das einen Echokompensator mit einem Finite Impulse Response-Filter (5), kurz FIR-Filter, enthält, mit dem die zu erwartenden Echos nachgebildet werden und dessen Ausgangssignal von dem echobehafteten Signal subtrahiert wird, wobei die Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) des FIR-Filters (5) nach einem Normalized Least Mean Square Algorithmus, kurz NLMS-Algorithmus, bestimmt werden, dadurch gekennzeichnet, 55

daß die im NLMS-Algorithmus eingefügte Schrittweite ( $\alpha$ ) in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen von Signalquelle und Signalsenke am nahen Ende des Übertragungssystems, in Abhängigkeit von den die Nutzsignale überlagernden störenden Einflußgrößen und in Abhängigkeit vom Wirkungsgrad des Echokompensators gesteuert wird, 60

daß jeweils aus dem Wert des größten Filterkoeffizienten ( $c_{\text{max}}$ ) des FIR-Filters (5) eine Normierungsgröße für das FIR-Filter und damit für alle Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) des FIR-Filters (5) derart bestimmt wird, daß die Werte der Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) automatisch dynamisch skaliert werden und der Wertebereich innerhalb definierter Grenzen liegt und 65

daß aus dem zeitlichen Abstand des größten Filterkoeffizienten ( $c_{\text{max}}$ ) des FIR-Filters (5) vom Beginn der Anregung des Signals in Senderichtung die kürzeste Signallaufzeit ( $t_{\text{ak}}$ ) von der Signalquelle (1) zu der

Signalsenke (2) ermittelt wird, daraus der wirksame Zeitbereich des Echokompensators bestimmt wird und diese Information zur Schätzung der verbleibenden Restkopplung verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrittweite ( $\alpha$ ) in Abhängigkeit von einem nach dem Echokompensator verbleibendem aktuellen Kopplungswert (d<sub>lm</sub>) zwischen Signalquelle (1) und Signalsenke (2) derart bestimmt wird, daß mit steigendem Kopplungswert (d<sub>lm</sub>) die Schrittweite ( $\alpha$ ) zunimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrittweite ( $\alpha$ ) in Abhängigkeit von einem Qualitätsmaß (Q) gesteuert wird, das aus der Differenz des Kurzzeitpegels des Signals (x(k)) der Signalquelle (1) und einem definierten Sollwert (recl<sub>ev</sub>) bestimmt wird und daß bei positivem Vorzeichen der Differenz die Schrittweite ( $\alpha$ ) positiv wird und damit die Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) erneuert werden und daß bei negativem Vorzeichen der Differenz das Qualitätsmaß Q und die Schrittweite ( $\alpha$ ) Null werden und damit die Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) ihre Werte beibehalten.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrittweite ( $\alpha$ ) in Abhängigkeit von einem lokalen, dem Signal der Signalsenke (2) am nahen Enden des Übertragungssystems überlagerten Signal, beispielsweise in Abhängigkeit eines akustischen Signals eines lokalen Sprechers, gesteuert wird, indem der Kurzzeitpegel (z(k)) des Signals der Signalsenke (2) mit dem Kurzzeitpegel (x(k)) des Signals der Signalquelle (1) verglichen wird und aus dem Vergleichsergebnis ermittelt wird, ob eine zusätzliche lokale Signalquelle aktiv ist oder nicht und daß mit zunehmendem Pegel der lokalen Signalquelle (lokspk) die Schrittweite ( $\alpha$ ) verringert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrittweite ( $\alpha$ ) in Abhängigkeit von einem Hintergrundgeräusch des Raumes, in dem sich die Signalquelle (1) und die Signalsenke (2) befinden, derart gesteuert wird, daß bei einem geringen Geräuschpegel (mintioise) die Schrittweite ( $\alpha$ ) unverändert bleibt und daß mit zunehmendem Geräuschpegel (lnoise) die Schrittweite ( $\alpha$ ) stetig kleiner wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schrittweite ( $\alpha$ ) von einer Steuergröße abhängig ist, die aus der Differenz des echobehafteten Kurzzeitpegels (z(k)) des Signals der Signalsenke (2) und dem Kurzzeitpegel (y(k)) des echokompensierten Signals der Signalsenke (2) gebildet wird, daß ein positives Vorzeichen der Differenz anzeigt, daß der Echokompensator einen Gewinn bringt und damit die Schrittweite ( $\alpha$ ) beibehalten wird, daß ein negatives Vorzeichen der Differenz anzeigt, daß der Echokompensator einen Verlust erzeugt und daß dann die Schrittweite ( $\alpha$ ) unabhängig von weiteren Einflußgrößen vergrößert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Signalquelle ein Lautsprecher (1) und als Signalsenke ein Mikrofon (2) dient und daß der Echokompensator Teil einer Freisprecheinrichtung eines Telekommunikationsendgerätes ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der aktuelle Kopplungswert (d<sub>lm</sub>) mit einem ersten Minimalwertdetektor (5.13) ermittelt wird, bei dem in einer ersten Speicher- und Vergleichsschaltung (5.6) in einem durch einen Zähler (5.8) festgelegten Zeitintervall der kleinste Kopplungswert (dlm<sub>alt</sub>) ermittelt und einer zweiten Speicher- und Vergleichsschaltung (5.7) übergeben wird, die jeweils den Momentanwert des Kopplungssignals (dlm<sub>fakt</sub>) mit dem von ihr gespeicherten kleinsten Kopplungswert (dlm<sub>alt</sub>) der ersten Speicher- und Vergleichsschaltung (5.6) vergleicht, um einen absolut minimalen Kopplungswert (mind<sub>lm</sub>) zu finden.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung der Schrittweite ( $\alpha$ ) und die dynamische Skalierung der Filterkoeffizienten ( $c_1 \dots c_N$ ) eine Realisierung des Verfahrens mit einem FIR-Filter (5) kurzer Filterlänge (N) und mit einem Festkommarechner ermöglicht.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

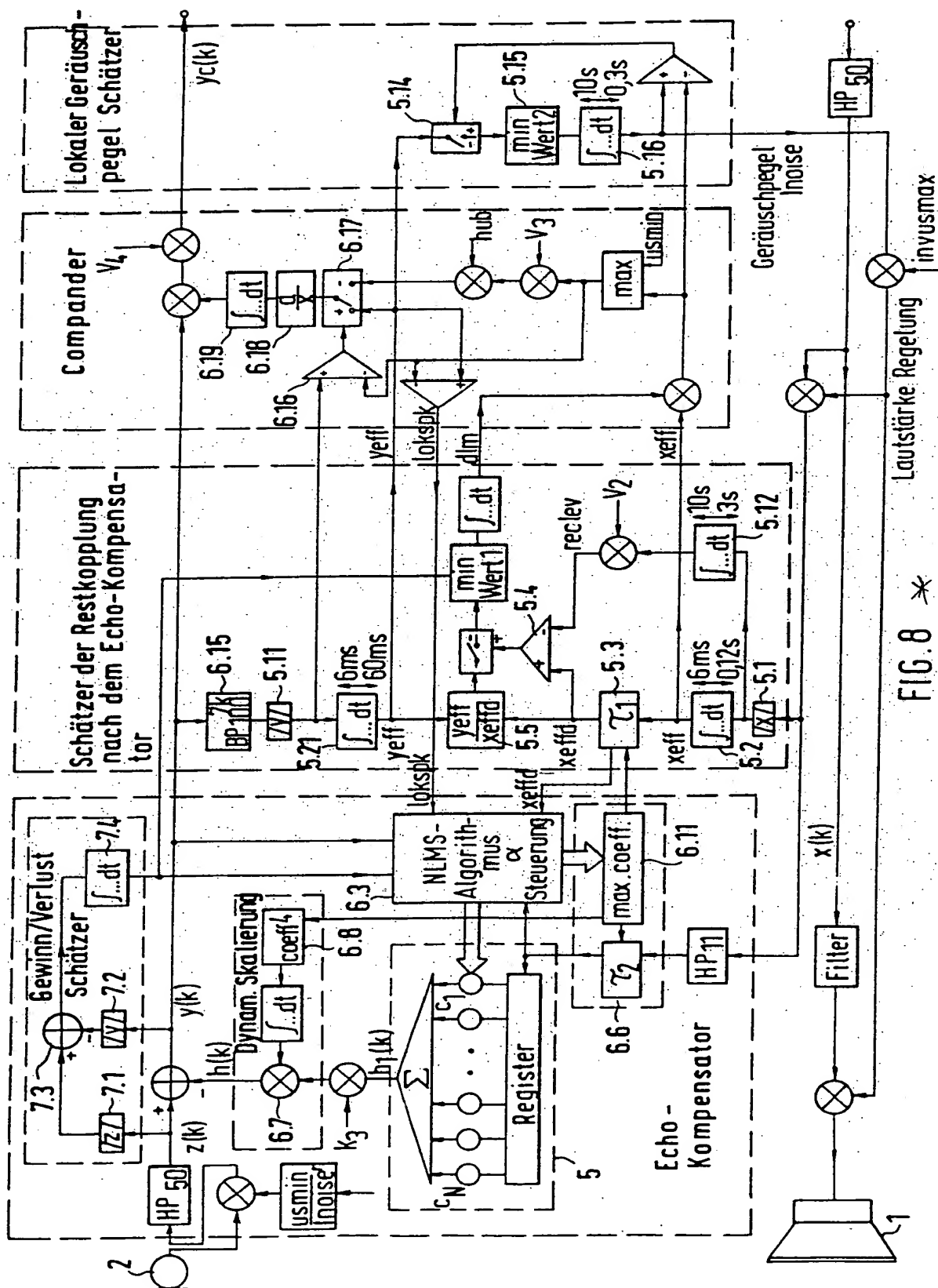


FIG. 8 \*